



21 Aktenzeichen: 198 11 233.5  
22 Anmeldetag: 14. 3. 98  
43 Offenlegungstag: 24. 9. 98

66 Innere Priorität:  
197 11 176.9 18. 03. 97

71 Anmelder:  
Reck, Anton, 88422 Betzenweiler, DE

74 Vertreter:  
Eisele, Dr. Otten & Dr. Roth, 88214 Ravensbürg

72 Erfinder:  
Reck, Martin, 88422 Betzenweiler, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Trainingsgerät für Bewegungsbehinderte

57 Es wird ein Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte vorgeschlagen, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen der trainierenden Person vorgesehen sind. Das Trainingsgerät umfaßt einen Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, einer Leistungselektronik, die wenigstens zum Antreiben des Motors ausgelegt ist, und Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl an der Kurbel. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Trainingsgerät für Bewegungsbehinderte bereitzustellen, mit welchem auf verbleibende Bewegungsmöglichkeiten bzw. Restmuskelkräfte reagiert werden kann, um einen möglichst effektiven Trainingsablauf zu gewährleisten. Erfindungsgemäß sind bei einer ersten Lösung der Aufgabe die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  als Funktion des Drehmoments  $M_K$  an der Kurbel  $\Delta n = f(M_K)$  ausgelegt, wobei sich eine neue Drehzahl  $n_{\text{neu}}$  aus der alten Drehzahl  $n_{\text{alt}}$  nach dem Zusammenhang  $n_{\text{neu}} = n_{\text{alt}} + \Delta n$  ergibt, und wobei die Funktion  $\Delta n = f(M_K)$  für bestimmte vorher festgelegte Wertebereiche von  $M_K$  unterschiedlich ist. Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabe sind die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  derart ausgelegt, daß bei vorangegangener Energiezufuhr  $E_K$  durch ein vom Trainierenden aufgebracht Drehmoment  $M_K$  an der Kurbel, die zu einer Drehzahlerhöhung geführt hat, eine Drehzahlerhöhung  $\Delta n$  ...

Die Erfindung betrifft ein Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

## Stand der Technik

Trainingsgeräte mit Kurbel sind in vielfältigen Ausführungsformen bekannt geworden und weisen regelmäßig einen mechanischen Aufbau mit einer großen Schwungmasse auf. Die Schwungmasse hat die Aufgabe, eine ausgeglichene Drehbewegung der Kurbel zu gewährleisten. Durch diese Schwungmasse wird jedoch die Baugröße und Bauform eines Trainingsgerätes in nachteiliger Weise bestimmt. Die Vorgabe eines Bremsmomentes erfolgt dagegen bei einigen Ausführungsformen auf elektronischem Wege. Das Bremsmoment stellt ein Moment dar, welches der Kurbel entgegenwirkt.

In der US-Patentschrift 5,256,115 ist ein Bewegungstrainer offenbart, bei dem ebenfalls das Schwungrad auf elektronischem Wege simuliert wird, daß die Eigenschaften eines physikalisch tatsächlich vorhandenen Schwungrades aufweist. Das heißt eine Drehzahländerung  $\Delta n$  kann über den gesamten Wertebereich eines Drehmoments  $M_{\text{Pedal}}$  an den Pedalen durch die folgende Funktion beschrieben werden:

$\Delta n = (M_{\text{Pedal}} - M_B) \cdot A/J$  wobei  $M_B$  ein einstellbares Bremsmoment,  $A$  eine Konstante und  $J$  ein Trägheitsmoment darstellen. Eine Drehzahländerung  $\Delta n$ , ob nun positiv oder negativ ist somit über den gesamten Wertebereich des Drehmoments am Pedal zu diesem proportional, da die übrigen Größen zwar einstellbar sind, jedoch dann während vieler Umdrehungen unverändert bleiben. Dieser Bewegungstrainer ist als Übungsgerät für Leistungssportler und somit für Personen konzipiert, die eine unbeeinträchtigte Bewegungsfähigkeit besitzen. Ein vom Bewegungstrainer erzeugter Antrieb der Pedale ist nicht vorgesehen.

Bei Kranken mit geringen Restkräften, auch bei einseitigen Lähmungen (z. B. als Folge eines Schlaganfalls) besteht jedoch die Schwierigkeit, daß überhaupt eine Bewegung, womöglich sogar eine runde Bewegung zustande kommt. Solche Patienten können meistens nur auf einem Teil einer Umdrehung Muskelkraft ausüben. Daher wurden aktiv/passiv-Trainer entwickelt, die die Möglichkeit haben, eine Drehbewegung weiterzuführen, auch wenn der Patient nicht mehr in der Lage ist, ein Drehmoment auf eine Kurbel aufzubringen.

Der Nachteil dieser Geräte besteht jedoch darin, daß ein Trainierender mit wenig Restmuskelkräften durch ein aktives Mittreten, die Drehbewegung im wesentlichen nicht beeinflussen kann.

## Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Trainingsgerät für Bewegungsbehinderte bereitzustellen, mit welchem auf verbleibende Bewegungsmöglichkeiten bzw. Restmuskelkräfte reagiert werden kann, um einen möglichst effektiven Trainingsablauf zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und 2 gelöst.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte und zweckmäßige Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Trainingsgeräts angegeben.

Die Erfindung geht von einem Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte aus, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Fü-

5 Ferner umfaßt das Trainingsgerät einen Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, eine Leistungselektronik, die wenigstens zum Antreiben des Motors ausgelegt ist, und Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl  $n$  der Kurbel. Der Kern einer ersten erfindungsgemäßen Lösung liegt nun darin, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  als Funktion eines Drehmoments  $M_K$  an der Kurbel gemäß  $\Delta n = f(M_K)$  ausgelegt sind. Dabei ergibt sich eine neue Drehzahl  $n_{\text{neu}}$  aus der alten Drehzahl  $n_{\text{alt}}$  nach dem Zusammenhang  $n_{\text{neu}} = n_{\text{alt}} + \Delta n$ , wobei die Funktion  $\Delta n = f(M_K)$  als ein wesentliches Merkmal der Erfindung für bestimmte vorher festgelegte Wertebereiche von  $M_K$  unterschiedlich ist. Durch diese Maßnahmen lassen sich insbesondere unterschiedliche Beträge einer Drehzahländerung bei der Beschleunigung und bei der Verlangsamung der Kurbel erzielen, so daß durch Wahl der Funktion  $\Delta n = f(M_K)$  in einem bestimmten Bereich des Drehmoments  $M_K$  z. B. bereits ein minimales vom Patienten aufgebrachtes Drehmoment ausreicht, um eine starke Drehzahlerhöhung herbeizuführen. Dabei können impulsartige, übergroße vom Patienten auf die Kurbel übertragene Drehmomentanteile "ausgeblendet" werden, so daß eine starke Drehzahlerhöhung nur in einem bestimmten Wertebereich des Kurbeldrehmoments  $M_K$  zugelassen ist.

Bei einer zweiten erfindungsgemäßen Lösung liegt der Kerngedanke darin, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  derart ausgelegt sind, daß bei vorangegangener Energiezufuhr  $E_K$  durch ein vom Trainierenden aufgebrachtes Drehmoment  $M_K$  an der Kurbel, die zu einer Drehzahlerhöhung geführt hat, eine Drehzahlerhöhung  $\Delta n$  verbleibt, wenn dem im Trainingsgerät vorhandenen oder nachgebildeten mechanischen System unmittelbar nach der Energiezufuhr eine Energiemenge entzogen wird, die größtenteils einem Wert entspricht, der sich aus der Energiezufuhr  $E_K$  abzüglich des Energieverlustes aufgrund eines Bremsmoments  $M_B$  und/oder von Reibungsmomenten  $M_R$  ergibt. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß im Gegensatz zur ersten Lösung für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  eine Gesetzmäßigkeit bereitgestellt wird, die nicht zwangsläufig eine Funktion vom Drehmoment  $M_K$  an der Kurbel ist. Als Haupteffekt dieser Maßnahme klingt die durch ein vom Trainierenden aufgebrachtes Drehmoment  $M_K$  aufgetretene kurzfristige Drehzahlerhöhung nur langsam wieder ab. Bei herkömmlichen Trainingsgeräten ist der oben beschriebene Energiezusammenhang im Hinblick auf die Drehzahl anders gelagert. Wird einem solchen System derjenige Anteil der Energie entnommen, der sich aus der Differenz der vom Treten dem System zugeführten Energie und der vom System absorbierten Brems- und/oder Reibungsenergie ergibt, dreht die Kurbel wieder mit der Drehzahl, wie vor der Energiezufuhr durch den Treten (sofern ein Freilauf, der die Kurbel in Tretrichtung nicht mitnimmt, außer Betracht bleibt).

Änderungen der Drehzahl können für beide Lösungen in Abhängigkeit von der Auflösung der Drehzahlregelung bereits bei kleinen Winkelbereichen innerhalb einer Kurbelumdrehung stattfinden. Beispielsweise wird bei einer diskreten Signalverarbeitung die Auflösung von der Abtastzeit  $T$  bei einer Erfassung des Drehmoments bzw. eines zum Drehmoment proportionalen Parameters bestimmt, wobei die Abtastzeit  $T$  wesentlich kleiner als die Periodendauer einer Kurbelumdrehung sein kann. Bei einer solchen Abtastung kann z. B. die Funktion für die Drehzahländerung  $\Delta n$  in Form von  $\Delta n = n(t_i) - n(t_{i-1}) = F(M_K, t_{i-1})$  geschrieben werden, wobei  $(t_i) - (t_{i-1})$  die Zeit zwischen zwei Abtastungen also der Arbeitszeit  $T$  entspricht.

Um über ein einfaches Kriterium für das Beschleunigen und langsamer werden der Kurbel zu verfügen, wird in einer vorteilhaften Ausführungsform vorgeschlagen, daß ein Bremsmoment  $M_B$  definiert wird, welches auch den Wert "Null" aufweisen kann, wobei für einen Wert  $M_K > M_B$  des Drehmoments an der Kurbel die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl  $n$  für eine Drehzahlzunahme und für  $M_K < M_B$  zur Abnahme der Drehzahl ausgelegt sind und wobei erfindungsgemäß die Beträge der Drehzahländerungen  $\Delta n$  für  $M_K > M_B$  und  $M_K < M_B$  unterschiedlich sind.

Bei einer überdies besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Betrag der von den Mitteln zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bewirkten Drehzahländerung  $\Delta n$  für  $M_K > M_B$  größer als für  $M_K < M_B$ . Durch diese Maßnahme wird eine Art "Restmuskelkraftverstärkung" realisiert. Das bedeutet, daß die Drehzahl, sofern der Patient ein vorher festgelegtes Bremsmoment überschreitet, eine starke Drehzahlerhöhung bewirken kann, die bei Unterschreitung des Bremsmoments nur langsam abfällt. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt neben einem erst möglich werdenden kontinuierlichen Trainingsablauf bei selbst winzigen Restmuskelkräften in nicht zu unterschätzender Weise auch in der positiven psychologischen Wirkung. Denn der Patient realisiert möglicherweise zum ersten Mal, daß er überhaupt über Restmuskelkräfte verfügt und darüber hinaus in der Lage ist, damit eine runde Tretbewegung zu erzeugen.

Für eine einfache Realisierungsmöglichkeit der Erfindung wird außerdem vorgeschlagen, daß die Funktion der Drehzahländerung  $\Delta n$  der nachstehenden Gesetzmäßigkeit folgt:

$$\Delta n \sim (M_K - M_B)/k$$

wobei " $\sim$ " für proportional steht und "k" ein Faktor ist, der für  $M_K - M_B > 0$  wenigstens einen Wert  $k = k_1$  und für  $M_K - M_B < 0$  wenigstens einen Wert  $k = k_2$  mit  $k_1 < k_2$  annimmt, so daß für  $M_K - M_B > 0$  die Drehzahl stärker zunimmt als sie für  $M_K - M_B < 0$  abnimmt. Für eine derartige Regelung läßt sich in besonders einfacher Weise z. B. ein Mikroprozessor entsprechend programmieren.

Besonders vorteilhaft ist die Weiterbildung der Erfindung dahingehend, daß über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl eine Grunddrehzahl einstellbar ist. Durch diese Maßnahme kann ein Patient passiv durchbewegt werden, ohne selbst ein Drehmoment auf die Kurbel aufbringen zu müssen. Sobald er jedoch z. B. ein voreingestelltes Bremsmoment  $M_B$  überwindet, kann er darüber hinaus die Drehzahl erhöhen.

Bei einer Grunddrehzahlvorgabe ist es außerdem günstig, wenn die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bei Auftreten eines vorher eingestellten Grenzmoments  $M_{K,Grenz}$  an der Kurbel bei vom Motor angetriebenen Kurbel die Grunddrehzahlvorgabe abschalten. Dadurch werden Verletzungen vermieden, die auftreten können, wenn durch die Grunddrehzahlvorgabe eine Drehung z. B. bei einer Verkrampfung des Trainierenden erzwungen werden würde. In diesem Zusammenhang ist es im weiteren bevorzugt, wenn bei Abschaltung der Grunddrehzahlvorgabe die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum langsamen Anpendeln der Kurbel und Wiederaufnahme der Grunddrehzahl ausgelegt sind. Der Anpendelvorgang der Kurbel bzw. eine Wippbewegung der Kurbel kann mit einem kleinen Winkelausschlag beginnen, der so lange vergrößert wird, bis die Wippbewegung wieder in eine Drehbewegung übergeht. Ebenfalls günstig ist eine Ausführungsform, bei der die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum Anlauf in die zur vorhergehenden Drehrichtung

entgegengesetzten Richtung ausgelegt sind. Dies entspricht dem antagonistischen Prinzip zur Lösung eines Krampfes.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl die Kurbeldrehrichtung z. B. für eine Grunddrehzahl vorgegeben werden kann. Für unterschiedliche Kurbeldrehrichtungen können am Patienten unterschiedliche Muskelbereiche trainiert werden.

## Zeichnungen

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im folgenden dargestellt und wird in der nachstehenden Beschreibung unter Angabe weiterer Vorteile und Einzelheiten näher erläutert.

Die Figur zeigt das Blockdiagramm einer bevorzugten Schaltung zur Steuerung bzw. Regelung eines erfindungsgemäßen Trainingsgerätes.

## Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Die Figur soll anhand eines schematisch dargestellten Blockdiagramms einer Schaltung 1 zur Steuerung und/oder Regelung die Funktion eines erfindungsgemäßen Trainingsgerätes verdeutlichen. In der Schaltung 1 ist der Informationsfluß durch einfach ausgezogene Pfeile dargestellt, wogegen der Energiefluß mit fett ausgezogenen Pfeilen symbolisiert werden soll. Die erfindungsgemäße Schaltung umfaßt eine Bedieneinheit 2 über die eine Grunddrehzahl  $n_0$ , ein Bremsmoment  $M_B$ , ein maximal zugelassenes Moment an der Kurbel  $M_{K,max}$  sowie verschiedene andere Parameter eingegeben werden können. Diese Werte werden gemäß der in der Schaltung 1 mit  $n_0$ ,  $M_B$ ,  $M_{K,max}$  und 100 bezeichneten Pfeile an eine allgemeine Kontrolleinheit 3 weitergegeben. Zu Informations- und Anpassungszwecken wird der allgemeinen Kontrolleinheit 3 außerdem ein Signal 101 zugeführt, daß der Ist-Drehzahl der mit einem Elektromotor 4 verbundenen Kurbel (nicht gezeigt), die zur Aufnahme der Füße eines Trainierenden dient, entspricht. Darüber hinaus erhält die allgemeine Kontrolleinheit 3 ebenfalls zu Informations- und ggf. Anpassungszwecken ein Signal 102, das dem Ist-Drehmoment  $M_K$  an der Kurbel entspricht. Das Drehmomentsignal 102 wird im weiteren einer Kontrolleinheit 5 für die Drehzahländerung  $\Delta n$  sowie einer Kontrolleinheit 6 für die Drehzahl und das Drehmoment an der Kurbel zugeführt. Mit dem Drehzahlsignal 101 wird neben der allgemeinen Kontrolleinheit 3 auch die Kontrolleinheit 6 für die Drehzahl und das Drehmoment versorgt.

Ein Kernstück der Schaltung 1 bildet die Kontrolleinheit 5 für die Drehzahländerung  $\Delta n$ . Beispielhaft ergibt sich eine Drehzahländerung  $\Delta n$  aus dem Zusammenhang  $\Delta n = (M_K - M_B) \cdot A/k$ . Wobei  $M_K$  das Moment an der Kurbel,  $M_B$  das Bremsmoment, A ein Faktor und k ein vom Differenzwert  $M_K - M_B$  abhängiger Wert darstellt. Für  $M_K - M_B > 0$  wird ein Wert  $k = k_1$  und für  $M_K - M_B < 0$  ein Wert  $k = k_2$  eingesetzt, wobei  $k_1 < k_2$  ist. Das hat zur Folge, daß sofern an der Kurbel das Bremsmoment  $M_B$ , welches die Kontrolleinheit 5 von der Kontrolleinheit 3 erhält, überschritten wird, sich eine Drehzahlzunahme  $\Delta n_i$  einstellt, die betragsmäßig größer ist, als eine Drehzahlabnahme  $\Delta n_j$ , wenn das resultierende Moment  $M_K - M_B$  wieder negativ ist. Anders ausgedrückt ist der Betrag für  $\Delta n$  für  $M_K - M_B > 0$  größer als für  $M_K - M_B < 0$ . Die Drehzahländerung  $\Delta n$  wird in der Kontrolleinheit 3 zu einer alten Solldrehzahl  $n_{alt}$  addiert und ergibt somit die neue Solldrehzahl  $n_{neu}$ .

Sofern eine Grunddrehzahlvorgabe aktiv ist, wird als Basis für diese Berechnung die von der Bedieneinheit 2 eingegebene Grunddrehzahl  $n_0$  herangezogen. Das heißt für eine er-

$n_{\text{neu}}$  aus der Summe von  $n_0$  und  $\Delta n$ . Für die nächste Berechnung der neuen Solldrehzahl dient dann dieser Wert als alte Solldrehzahl. Für den Fall, daß sich eine negative Drehzahländerung  $\Delta n$  ergibt, fällt aufgrund der Grunddrehzahlvorgabe die Drehzahl jedoch nicht unter den Wert  $n_0$ .

Die jeweils aktuelle Solldrehzahl  $n_{\text{neu}}$  wird der Kontrolleinheit 6 für die Drehzahl und das Drehmoment weitergegeben, die unter Verarbeitung des Drehzahlsignals 101 eine Stellgröße 103 an eine Leistungselektronik 7 weitergibt, die den mit Kurbel verbundenen Elektromotor 4 dann entsprechend bestromt, um die Solldrehzahl zu erreichen.

Um bei einer Grunddrehzahlvorgabe mit der Grunddrehzahl  $n_0$  Verletzungen bei einem Trainierenden, dessen Füße z. B. mit den Pedalen der Kurbel verbunden sind, zu vermeiden, kann an der Bedieneinheit 2 ein maximales Kurbelmoment  $M_{K,\text{max}}$  eingestellt werden, daß über die Kontrolleinheit 3 zur Kontrolleinheit gelangt. Überschreitet das Drehmomentsignal 102 dieses zulässige Drehmoment wird die Grunddrehzahlvorgabe abgeschaltet und die Kurbel kommt zum Stillstand. Die Kontrolleinheit 3 beginnt dann den Hochlauf aus dem Stillstand. Bei entsprechender Voreinstellung kann dabei die Drehrichtung geändert werden. Dies ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn die Momentenbegrenzung für spastisch behinderte Personen bei Kramp fzuständen zum Einsatz kommt. Der entgegengesetzte Anlauf der Kurbel entspricht dem antagonistischen Prinzip der Krampflösung.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Kontrolleinheiten 3, 5, 6 in einem Mikrokontroller 8 implementiert, der eine digitale Signalverarbeitung realisiert. Dazu wird das Drehzahlsignal 101 bzw. das Drehmomentsignal 102 mit einer Abtastfrequenz  $f = 1/T$  abgetastet und dem Mikrokontroller 8 zugeführt. Zweckmäßigerweise wird daraus nach jeder Abtastzeit  $T$  eine Drehzahländerung  $\Delta n$  und eine neue Solldrehzahl  $n_{\text{neu}}$  berechnet. Unter der Voraussetzung, daß die Abtastzeit  $T$  sehr viel kleiner ist, als die Periodendauer der Drehbewegung an der Kurbel werden Drehzahländerungen während kleiner Winkeldrehungen der Kurbel vorgenommen. Damit wird ein hochdynamischer Zusammenhang zwischen einem Moment  $M_K$  an der Kurbel und einer daraus folgenden Drehzahländerung verwirklicht.

Durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise wird für bewegungsbehinderte Personen ein Trainingsgerät bereitgestellt, mit welchem bereits bei kleinsten Restmuskulkräften ein weitgehend vom Behinderten selbst bestimmter kontinuierlicher Trainingsablauf gewährleistet werden kann. Verfügt der Patient über nur sehr kleine Restmuskulkräfte kann das Bremsmoment  $M_B$  so weit herabgesetzt werden, daß der Wert  $M_K - M_B$  schon bei einem sehr kleinen Drehmoment an der Kurbel positiv wird, jedoch mittels eines entsprechend kleinen Wertes für  $k$  eine große Drehzahländerung bewirkt. Sobald der Patient nicht mehr in der Lage ist, auf die Kurbel ein Drehmoment aufzubringen, fällt die Drehzahl nicht mit diesem kleinen Wert für  $k$  ab. Denn für  $M_K - M_B < 0$  kann erfindungsgemäß ein großer Wert für  $k$  eingesetzt werden, so daß ggf. die Drehzahl bis zum nächsten Kraftimpuls des Patienten, mit welchem der Wert  $M_K - M_B$  wieder positiv wird, nur geringfügig abgefallen ist. Auf diese Weise kann eine ungeheure psychologische Motivation für die Behinderten bewirkt werden, die möglicherweise zum ersten Mal verspüren, daß sie noch Restmuskulkräfte besitzen.

#### Patentansprüche

1. Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen

dem Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, einer Leistungselektronik, die wenigstens zum Antreiben des Motors ausgelegt ist und mit Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl der Kurbel, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  als Funktion eines Drehmoments  $M_K$  an der Kurbel gemäß  $\Delta n = f(M_K)$  ausgelegt sind, wobei sich eine neue Drehzahl  $n_{\text{neu}}$  aus der alten Drehzahl  $n_{\text{alt}}$  nach dem Zusammenhang  $n_{\text{neu}} = n_{\text{alt}} + \Delta n$  ergibt und wobei die Funktion  $\Delta n = f(M_K)$  für bestimmte vorher festgelegte Wertebereiche von  $M_K$  unterschiedlich ist.

2. Trainingsgerät mit einer Kurbel für Bewegungsbehinderte, wobei an den Kurbelarmen Pedale oder dergleichen zur Verbindung mit den Füßen oder Armen der trainierenden Person vorgesehen sind, ferner mit einem Elektromotor, der mit der Kurbel verbunden ist, einer Leistungselektronik, die wenigstens zum Antreiben des Motors ausgelegt ist und mit Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl der Kurbel, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahländerung  $\Delta n$  derart ausgelegt sind, daß bei vorangegangener Energiezufuhr  $E_K$  durch ein vom Trainierenden aufgebracht es Drehmoment  $M_K$  an der Kurbel, die zu einer Drehzahlerhöhung geführt hat, eine Drehzahlerhöhung  $\Delta n$  verbleibt, wenn dem im Trainingsgerät vorhandenen oder elektronisch nachgebildeten mechanischen System unmittelbar nach der Energiezufuhr eine Energiemenge entzogen wird, die einem Wert entspricht, der sich aus der Energiezufuhr  $E_K$  abzüglich des Energieverlusts aufgrund eines Bremsmoments  $M_B$  und/oder von Reibungsmomenten  $M_R$  ergibt.

3. Trainingsgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Bremsmoment  $M_B$  definiert ist, wobei für einen Wert  $M_K > M_B$  des Drehmoments an der Kurbel die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl für eine Drehzahlzunahme und für  $M_K < M_B$  zur Abnahme der Drehzahl ausgelegt sind, wobei die Beträge der Drehzahländerungen  $\Delta n$  für  $M_K > M_B$  und für  $M_K < M_B$  unterschiedlich sind.

4. Trainingsgerät nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Betrag der von den Mitteln zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bewirkten Drehzahländerung  $\Delta n$  für  $M_K > M_B$  größer ist als für  $M_K < M_B$ .

5. Trainingsgerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Funktion der Drehzahländerung  $\Delta n$  der nachstehenden Gesetzmäßigkeit folgt.

$$\Delta n \sim (M_K - M_B)/k,$$

wobei " $\sim$ " für proportional steht und  $k$  ein Faktor ist, der für  $M_K - M_B > 0$  wenigstens einen Wert  $k = k_1$  und für  $M_K - M_B < 0$  wenigstens einen Wert  $k = k_2$  mit  $k_1 < k_2$  annimmt, so daß für  $M_K - M_B > 0$  die Drehzahl stärker zunimmt, als sie für  $M_K - M_B < 0$  abfällt.

6. Trainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl eine Grunddrehzahl einstellbar ist.

7. Trainingsgerät nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl bei Auftreten eines einstellbaren Grenzmoments  $M_{K,\text{Grenz}}$  an der Kurbel bei vom Motor angetriebenen Kurbel die Grunddrehzahlvorgabe abschalten.

8. Trainingsgerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß bei Abschaltung der Grunddrehzahlvorgabe die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum langsamen Anpendeln der Kurbel und Wiederaufnahme der Grunddrehzahl ausgelegt sind.

9. Trainingsgerät nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl zum Anlauf in die zur vorhergehenden Drehrichtung entgegengesetzten Richtung ausgelegt sind.

10. Trainingsgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über die Mittel zur Regelung und/oder Steuerung der Drehzahl die Kurbeldrehrichtung vorgebbar ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

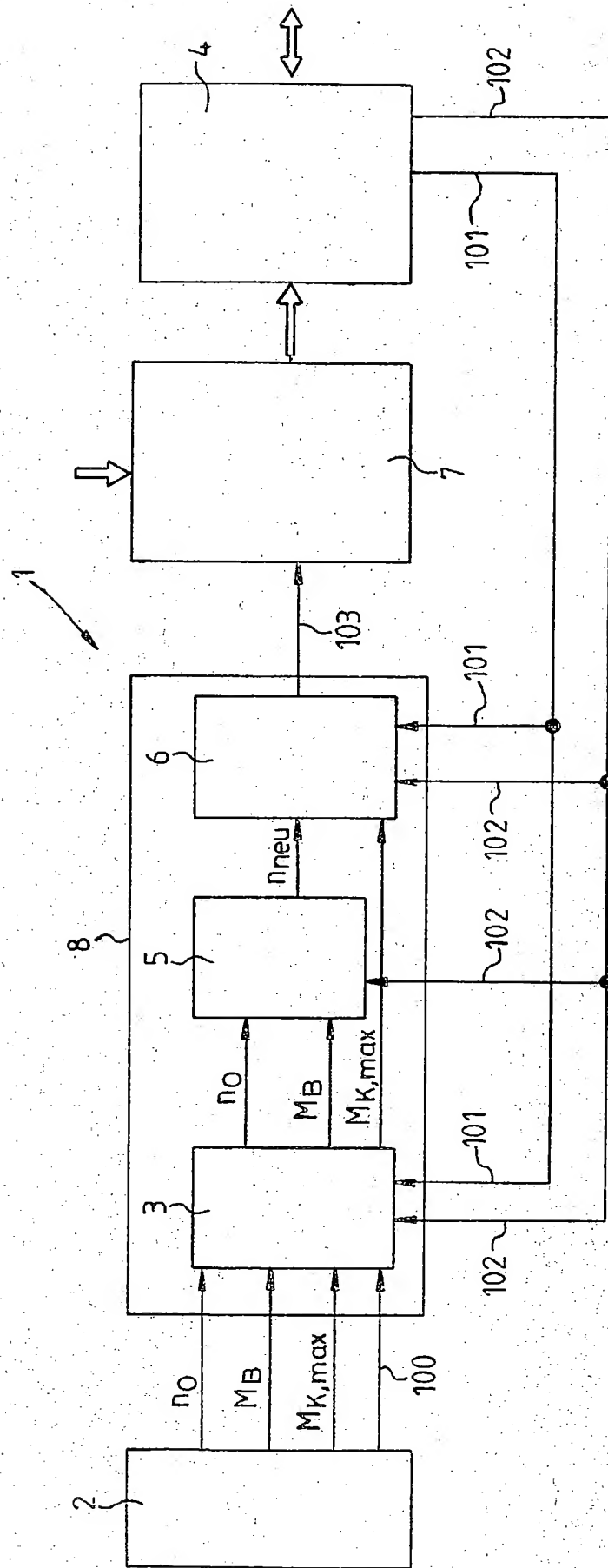


Fig.